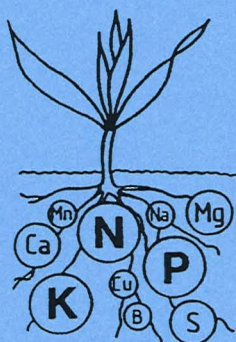




Växtnäring, produktion och miljö

Plant nutrition, production and environment

Lennart Mattsson



Institutionen för markvetenskap
Avd för växtnäringslära

Swedish University of Agricultural Sciences
Dept. of Soil Sciences
Division of Soil Fertility

Rapport 205
Report

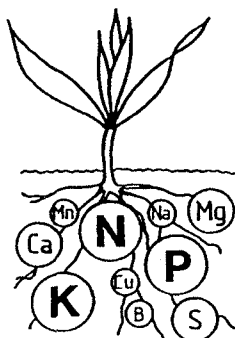
Uppsala 2003
ISSN 0348-3541
ISRN SLU-VNL-R—205-SE



Växtnäring, produktion och miljö

Plant nutrition, production and environment

Lennart Mattsson



Institutionen för markvetenskap
Avd för växtnäringslära

Swedish University of Agricultural Sciences
Dept. of Soil Sciences
Division of Soil Fertility

Rapport 205
Report

Uppsala 2003
ISSN 0348-3541
ISRN SLU-VNL-R—205-SE

Innehållsförteckning

Abstract	4
Sammanfattning	5
Inledning	6
Material och metoder	6
Försöksplaner	6
Provtagning och analyser	9
Försöksplatserna	9
Stallgödseltillförsel	10
Resultat	
R3-0058. Bjärröd	11
R3-0059. Bjärröd	15
Skördarnas storlek och variation med tiden	15
pH-, P- och K-förändringar i marken	20
R3-0056. Lanna	22
Mineraliskt kväve i marken efter skörd	27
Läckage av nitratkväve	27
Diskussion	28
Ekonomiskt stöd	30
Litteratur	31

Abstract

Two field experiments with different crop rotations and one conventional plant nutrient experiment are reported. In the crop rotation experiments nitrogen of different origin, organic or inorganic, was compared. In the plant nutrient experiment effects of different levels of NPK and lime were investigated.

Annual off-take of nitrogen were strongly correlated with the crop, N-level and climate. Over the reported period which lasted 13-17 years the off-take varied from 50 to 160 kg ha⁻¹ yr⁻¹. It was the lowest in a rotation with cash crops fertilized with 50% of optimum N-rates. The highest value was observed in a rotation with grass leys and supply of manure twice during a six year period. The N efficiency was 65 to 120% in systems based on both organic and inorganic N supply. In systems based solely on air-fixed N the N efficiency could not be satisfactory estimated.

Over a 20-year period the yields declined to 50% when no NPK was applied in relation to normal NPK fertilization. One of the experiments with different crop rotations and the NPK/lime experiment were placed on a nutrient deficient field. Immediate increase in soil P and K status was observed when fertilizer measures were taken. After 5 years with application of 32 kg P ha⁻¹ yr⁻¹ soil P status was improved from very poor to medium according to Swedish classification systems.

Soil mineral N in autumn after ley harvest was 30% of that after cereals. When the leys were ploughed the difference was levelled out. After luzern, however higher soil mineral N values were observed than after cereals.

Each cropping system was drained separately. Annual transport of NO₃-N was strongly influenced by the precipitation. The transport from the luzern was small but increased considerably when the ley was ploughed. Transport from the grass ley was similar with the transport from cereals. A low N input reduced the leaching to 50% or less.

Sammanfattning

- Två odlingssystemförsök belägna i Skåne på Bjärröd respektive i Västergötland på Lanna och ett konventionellt växtnäringssystemförsök också det på Bjärröd redovisas. I systemförsöken jämförs växtföljder med insats av organiskt och oorganiskt kväve. I växtnäringssystemförsöket jämfördes olika NPK-insatser och kalkgivor.
- Det årsvisa upptaget och bortförslaget av kväve varierade starkt mellan år beroende på gröda, kvävenivå och årsmån. I genomsnitt över den aktuella årsräckan, som var 13 till 17 år, varierade bortförslaget från 50 till 160 kg N ha⁻¹ år⁻¹. Den var lägst i en växtföljd med avsalugrödor och en kvävenivå motsvarande 50% av optimal N-giva. Det högsta värdet erhöles i en växtföljd med fyraåriga vallar och tillförsel av stallgödsel två gånger under en sexårsperiod.
- Kväveeffektiviteten mätt som bortfört kväve i procent av tillfört låg mellan 65 och 120 %. I system baserade på enbart baljväxtfixerat N kunde denna parameter inte skattas tillfredsställande.
- I förhållande till normal NPK-gödsling var skördetrenden nedåtgående över en 20 årsperiod i led utan NPK-tillförsel och likaså i led med 50% av normalgivan. Efter 20 år var skörden 50% av normalskörden i det förra fallet och 75% i det senare.
- Bjärrödsförsöken startades på en utarmad jord. En omedelbar höjning av markens P- och K-status erhöles när gödslingsåtgärder sattes in. Redan efter 5 år hade P-AL-klassen höjts från 1 till 3 vid den höga P-givan, 32 kg P ha⁻¹ år⁻¹.
- Lannaförsöket visade att vallodling tömde markprofilen på mineraliskt kväve. Cirka 30% mindre mineraliskt N återfanns i profilen efter vall än efter stråsäd. Vid vallbrott utjämnades skillnaden, men efter att luzernvallen hade brutits var mineralkvävemängden större än efter stråsäd.
- Läckaget har bestämts i varje odlingssystem i Lannaförsöket. Årstransporten är starkt beroende av nederbörden. Luzernvallen läckte inte mycket under liggtiden däremot avsevärt vid vallbrottet. Gräsvallens läckage var jämförbart med öppen odling. Låg kvävenivå medförde minskat läckage med hälften eller mera.

Inledning

Mängd och slag av växtnäring är viktiga kriterier för ett odlingssystem. Om växtnäringen har organiskt ursprung eller oorganiskt är en skiljelinje och om insatsen är stor eller liten är en annan. Om detta handlar föreliggande redovisning. Sammanställningen visar skillnader i produktionsresultat mellan odlingssystem, som helt eller delvis baseras på baljväxtfixerat kväve i förhållande till system baserade på oorganiskt kväve. Insatsnivåns betydelse för produktionen och för potentiella läckagerisker belyses också.

Försöken har utförts på Bjärröd i Skåne och på Lanna i Västergötland. Gesslein (2001) har ingående bearbetat resultaten avseende försöken på Bjärröd. Lannaförsöket, som fortfarande pågår, har tidigare redovisats av Haak et al. (1994).

Material och metoder

Försöksplaner

Tre olika försök med planbeteckningarna R3-0056, R3-0058 och R3-0059 behandlas. De båda första avser odlingssystemförsöken belägna på Lanna i Västergötland, respektive på Bjärröd i Skåne. Det tredje försöket, även det beläget på Bjärröd, behandlar effekter av kalkning, PK-gödsling och N-nivå. Medan de två första är utpräglade systemjämförelser är det tredje ett konventionellt växtnäringssystemförsök. Endast olika växtnäringssystem- och kalknivåer jämförs. Båda Bjärrödsförsöken avslutades i och med 1998 års skördar. Försöket på Lanna pågår.

R3-0056 Jämförelse mellan odlingssystem på Lanna i Västergötland.

System	Beskrivning
I	Kreatursstarkt med intensiv vallodling baserad på gräsvallar och handelsgödselkväve. Flytgödsel tillförs två gånger i växtföljden, 2x30 ton/ha. Växtföljd: Korn, gräsvall I-IV, oljeväxter.
II	Kreatursstarkt med intensiv vallodling baserad på luzernvall och luftkvävefixering. Inget handelsgödselkväve. Fast stallgödsel tillförs två gånger i växtföljden, 2x30 ton/ha. Växtföljd: Korn, luzern I-IV, oljeväxter.

- III Ej djurhållande med odling av avsalugrödor och stark N-gödsling. Växtföljd: Korn, havre, höstvet, havre, oljevaxter, höstvet.
- IV Ej djurhållande med odling av avsalugrödor och svag N-gödsling (50% av givan i system III). Växtföljd: Korn, havre, höstvet, havre, oljevaxter, höstvet.
- V Djurhållande balanserat system anpassat för luftkvävefixering. Inget handelsgödselkväve. Fast stallgödsel tillförs två gånger i växtföljden, 2x20 ton/ha. Växtföljd: Korn, klövervall, höstvet, åkerbönor, havre, ärter.
- VI Svinproduktion med monokultur av korn. Handelsgödselkväve tillförs. Flytgödsel tillförs vartannat år, 2x40 ton/ha. Växtföljd: Monokultur korn.
- VII Ej djurhållande monokultur av korn baserat helt på handelsgödselkväve. Växtföljd: Monokultur korn.

R3-0058 Jämförelse mellan odlingssystem på Bjärröd i Skåne.

System	Beskrivning
I	Djurhållande system anpassat för luftkvävefixering. Ingen tillförsel av oorganiskt kväve, fosfor eller kalium. Stallgödsel ungefär två gånger i växtföljden, 2x15 ton/ha. Växtföljd: Korn, klövervall, höstvet, åkerbönor, potatis, ärter.
II	Ej djurhållande balanserat odlingssystem anpassat för luftkvävefixering. Inget handelsgödselkväve. Växtföljd: Korn, klövervall, höstvet, åkerbönor, sockerbeter, ärter.
III	Kreatursstarkt med intensiv vallodling baserad på baljväxtvallar. Handelsgödselkväve tillförs. Fast stallgödsel två gånger i växtföljden, 2x30 ton/ha. Växtföljd: Korn, klöver/luzern I-III, höstvet, sockerbeter.
IV	Måttligt starkt kreaturshållande med ettåriga vallar. Handelsgödselkväve tillförs. Flytgödsel två gånger i växtföljden, 2x40 ton/ha. Växtföljd: Korn, klöver/gräs, raps, höstvet, havre, sockerbeter.

- V Ej djurhållande med monokultur av korn. Handels-
gödselkväve tillförs. Växtföljd: Monokultur korn.
- VI Ej djurhållande med odling av avsalugrödor och stark N-
gödsling. Växtföljd: Korn, raps, höstvete, korn, socker-
beter, havre.

I odlingssystem med tillförsel av både stallgödsel och mineralgödsel var avsikten att 50% av kvävebehovet skulle täckas med handelsgödsel. Fosfor- och kaliumtillförseln baserades på ersättningsprincipen i R3-0056 och på dubbelt underhåll i R3-0058, dvs tillförsel lika med två gånger bortförseln. Efterhand justerades underhållet till att motsvara ersättning även på Bjärröd. Föreskrifter för omhändertagande av skörderester, ogräs- och sjukdomsbekämpning föreligger för varje system, men behandlas inte vidare här. Varje odlingssystem tillämpades på drygt 4000 m² stora rutor. Med sådana rutor kunde inga regelrätta samrutor åstadkommas. För att ändå få felvariansskattningar tillämpades tekniken med flera skördebestämningar inom varje system. Antalet delskördar i sådana fall har vanligen varit tre. För N-bortförsel med grödan gjordes beräkningarna på varje delskörd. Variansen mellan rutor och mellan år rensades bort från totalvariansen varefter varianskoefficienten (CV %) beräknades.

R3-0059 Kalk, kväve, fosfor och kalium på näringsfattig mark.

A.	Okalkat	Utan N	Utan PK
B.	Okalkat	Opt. N	Utan PK
C.	Okalkat	Opt. N	Ers. PK
D.	90% Ca-mättn.	Opt. N	Utan PK
E.	90% Ca-mättn.	Utan N	Ers. PK
F.	90% Ca-mättn.	50% av opt. N	Ers. PK
G.	90% Ca-mättn.	Opt. N	Ers. PK
H.	90% Ca-mättn.	150% av opt. N	Ers. PK
I.	90% Ca-mättn.	Utan N	Dubbel ers. PK
J.	90% Ca-mättn.	50% av opt. N	Dubbel ers. PK
K.	90% Ca-mättn.	Opt. N	Dubbel ers. PK
L.	90% Ca-mättn.	150% av opt. N	Dubbel ers. PK

Tolv försöksled arrangerades i två block med systematisk rutfördelning. Resultaten har trots det bearbetats statistiskt som om det vore ett randomiserat blockförsök. Grupperingen ovan är gjord för att se strukturen i behandlingarna. A är kontroll, B, C och D ger kalk- och PK-effekter, övriga behandlingar visar i första hand N-effekter. Som optimal N-nivå i

respektive gröda fastställdes 100 kg N per ha i korn och havre, 130 i vårraps och höstvete, 140 i sockerbetor och 210 kg N per ha varav 30 på hösten till höstraps. Ersättningsnivåerna av P och K var 16 kg P respektive 36 kg K ha⁻¹ år⁻¹. Växtföljden var lika med odlingssystem system VI i R3-0058.

Provtagning och analyser

Omfattande provtagnings- och analysprogram har genomförts i alla tre försöken. Här redovisas avkastning och N-analyser av skördeprodukter. För Lannaförsöket redovisas resultat från mätning av mineraliskt N i marken efter skörd samt transport av nitrat-N med dräneringsvattnet. För R3-0059 redovisas dessutom matjordens pH-, P- och K-utvecklingen över tiden i några valda försöksled. Avkastningssiffror för spannmål och oljevaxter avser rensad vara med 15% vattenhalt, för vallskördar torrsubstans av grönmassa och för sockerbetor rena betor.

Försöksplatserna

Karakteristika för försöksplatserna framgår av tabell 1. De flesta analysvärdena hänför sig till bestämningar på prover uttagna vid försöksstarten.

Tabell 1. Platsinformation. Analysvärden vid försöksstarten 1979
Table 1. Site information. Analysis values from 1979

	R3-0056 Lanna	R3-0058 Bjärröd ^c	R3-0059 Bjärröd
Lokalisering <i>Position</i>	58° 21' N; 13° 7' E	55° 42' N; 13° 43' E	55° 42' N; 13° 42' E
Årsmedel, °C <i>Annual temp.</i>	6,1	7,2	
Nederbörd <i>Precip.</i> mm	558	677	
Mullhalt, % <i>Org. matter</i>	3,1	4,3	-
pH	6,9	5,7	5,5
P-AL	4,3 ^a	1,1	0,9
K-AL	15,5 ^a	5,8	6,4
Mg-AL	27,3 ^b	8,5	8,4
Lerhalt <i>Clay %</i>	44,4	13,6	-
Jordart <i>Soil type</i>	mm SL	mmh I mä Sa	mmh I mä Mo

^aAnalys från 1985. ^bAnalys från 1989. ^cNederb. och temp. från SMHI Sturup (Alexandersson et al., 1991)

^aAnalysis from 1985. ^bAnalysis from 1989. ^cPrecip. and temp. from SMHI Sturup

Fosfor, kalium och magnesium har extraherats med AL-lösning (Egnér et al., 1960). Lanna ligger strax väster om Skara i Västergötland, Bjärröd ligger i centrala Skåne, norr om Hörby.

Typiskt för Bjärrödsförsöken är de låga pH-värdena och den näringsfattiga jorden. Lannajorden karakteriseras av ett gott pH, måttlig på gränsen till svagt P-tillstånd och som en följd av den höga lerhalten ett gott K-tillstånd. Det skall noteras att både på Lanna och på Bjärröd är K/Mg-kvoten mindre än 1 och antyder därmed ett K-gödslingsbehov.

Årsmedelnederbörd och medeltemperatur avser SMHI-stationer Lanna och Sturup. Den senare belägen ca 25 km från försöksplatsen.

Stallgödseltillförsel

Både på Bjärröd och på Lanna tillfördes stallgödsel enligt försöksplanen. I vissa led som fastgödsel i andra som flytgödsel. Regelmässigt har prov tagits vid spridningstillfällena (tabell 2a och 2b). I vissa fall har proven endast snabbanalyserats med avseende på $\text{NH}_4\text{-N}$. Dessa värden redovisas icke.

Tabell 2a. R3-0056 Lanna. Sammanställning av utförda stallgödselanalyser, kg ton^{-1}

Table 2a. Series R3-0056 Lanna. Manure analyses, kg ton^{-1}

Prov Sample	Ts D.M.	Tot-N	NH ₄ -N	P	K	Mg
1991	17,4	7,1	1,0	1,3	4,9	0,9
1995:1	10,4	7,8	5,5	2,2	3,8	0,6
1995:2	21,8	4,0	0,7	1,3	4,1	1,2
1995:3	5,7	5,1	3,9	1,6	3,4	0,5
1996:1	11,7	7,4	5,2	2,0	2,0	0,7
1996:2	24,0	5,2	0,9	1,2	3,9	1,0
1999:1	4,7	3,8	2,8	1,2	1,3	0,4
1999:2	6,9	4,8	3,4	1,7	2,2	0,5
2000	21,1	4,9	1,2	1,9	4,6	1,3

Tabell 2b. R3-0058 Bjärröd. Sammanställning av utförda stallgödselanalyser, kg ton⁻¹

Table 2b. Series R3-0058 Bjärröd. Manure analyses, kg ton⁻¹

Prov Sample	Ts D.M.	Tot-N	NH ₄ -N	P	K	Mg
1984	18,7	3,1	0,9	1,1	4,1	0,6
1988	25,7	2,3	0,6	2,7	1,0	0,5
1990	27,8	6,2	0,6	1,7	5,7	1,2
1991:1	17,7	5,6	1,9	1,2	3,9	0,7
1991:2	17,1	3,8	0,7	1,1	2,9	0,7
1991:3	7,2	3,5	1,8	0,6	5,0	0,4
1996	17,8	5,7	2,8	0,8	7,6	0,9

Resultat

R3-0058. Bjärröd

Tillförda mängder N (tabell 3) varierade mellan systemen från 8 till 127 kg ha⁻¹ år⁻¹ i genomsnitt. Inkluderas stallgödselkvävet i system III och IV blir det sammanlagda genomsnittet i dessa system 109 respektive 132. Här har ammoniumdelen i stallgödseln använts. Om totalkvävemängden kväve skulle användas skulle siffrorna ändras avsevärt. Då blir tillförseln med stallgödsel kanske 5 gånger så stor, kanske 10 och då tillförs systemen I, III och IV avsevärda kvävemängder. Räknas så den biologiska N-fixeringen med, den är ju också en extern tillförsel, passerar stora mängder genom systemen I-IV.

Tabell 3. R3-0058. Tillförsel av kväve, kg ha^{-1} , i stallgödsel och mineralgödsel. Stallgödselkvävet räknat som ammoniumkväve. Stg=fastgödsel, Flg=flytgödsel, Min=mineralgödsel

Table 3. Series R3-0058. Application on N, kg ha^{-1} , in manure and in fertilizer. N in manure calculated as $\text{NH}_4\text{-N}$. Stg=solid manure, Flg=slurry, Min=fertilizer

År Year	System						
	I	II	III	IV	V	VI	
	Stg		Stg	Flg	Min	Min	Min
1986	18	-	18	54	120	120	120
1987		-			80	120	100
1988	9	-			80	120	132
1989		-		72	155	120	145
1990		-			120	120	120
1991	38	-	18		120	120	120
1992		-	21	27	120	120	120
1993		-			80	120	100
1994		-			80	120	155
1995		-		45	150	120	140
1996	17	-			120	120	120
1997	21	-	84		120	120	140
1998		-	39	45	120	120	120
Summa	102		180	243	1465	1560	1652
Totalt	102	0			1708	1560	1652
Medeltal år ¹	8	0			113	120	127
Mean yr ⁻¹							

Tabell 4 visar hur omsättningen av kväve varierade mellan odlingssystemen. Detta speglar den aktuella grödan, skördenivån och kvävetillförseln. Vissa år fördes stora mängder kväve bort med skördeprodukterna, andra endast obetydliga mängder. I system med stallgödsel och mineraliskt N i cirkulationen förs mer N bort än i system baserade på enbart mineraliskt N. Detta framgår tydligast i skillnaden mellan system III och VI. Kvävetillförseln var 95 kg ha^{-1} i system III i genomsnitt mot 127 i system VI. Bortför-seln var trots det störst i system III. Stallgödsel och biologisk N-fixering i system III är tillskott som inte är medtagna.

Tabell 4. R3-0058. Kväueupptag och bortförsl med skördeprodukter, kg ha⁻¹. CV % anger spridningen efter att inflytande av årsmån och rutor har rensats bort. Antal observationer efter varje medeltal
Table 4. Series R3-0058. N-uptake and removal, kg ha⁻¹. CV% denotes variation cleared from influence of year and plot. Number of observations after each mean

System												
År Year	I		II		III		IV		V		VI	
1986	39,9	5	111,7	5	97,9	5	92,8	1	64,7	5	80,2	5
1987	42,8	5	41,0	5	65,0	5	74,5	5	74,5	5	90,5	5
1988	215,7	5	230,4	5	191,4	5	124,0	5	68,5	5	80,8	5
1989	87,7	5	55,3	5	221,2	5	128,6	5	77,8	5	144,0	5
1990	74,1	5	132,2	5	110,0	5	161,5	5	86,2	5	118,2	5
1991	43,3	5	46,5	5	125,7	5	103,8	5	95,5	5	84,1	5
1992	43,1	5	28,9	5	101,2	3	96,0	3	36,6	5	40,1	5
1993	39,2	5	29,8	5	63,8	5	58,7	5	65,2	5	87,4	5
1994	209,3	3	229,5	3	215,4	3	160,9	3	103,3	3	127,1	3
1995	54,1	3	49,3	3	148,2	3	88,3	3	84,8	3	122,7	3
1996	120,9	1	148,4	1	143,6	1	95,7	1	91,5	1	85,4	1
1997	106,4	1	.	.	125,9	1	118,2	1	93,8	1	83,4	1
1998	76,1	1	91,4	1	83,5	1	81,0	1	71,2	1	104,6	1
Medel Mean	82,1		93,8		133,3		108,8		74,8		94,9	
CV, %	11,2		21,7		6,3		12,5		10,6		7,7	

Kombineras tabell 3 och 4 kan en enkel beräkning av kväveeffektiviteten uttryckt som tillfört N i procent av bortfört N med skördeprodukterna beräknas. Då erhålles 103, 122, 89, 63 och 75% för system I, respektive III-VI. Inget värde kan beräknas för system II eftersom varken stallgödsel eller mineralgödsel har tillförts. Det baseras helt på biologisk luftkvävefixering. Av siffrorna att döma är system III mest effektivt och system V minst effektivt ur kvävesynpunkt.

Tabell 5. R3-0058. Grödor och avkastning i respektive odlingssystem. Kärna/frö i kg ha⁻¹ med 15% vattenhalt. Vall/rödklöver (summa 1-3 delskördar) ts kg ha⁻¹. Betor/knölar, friskvikt ton ha⁻¹

Table 5. Series R3-0058. Crops and yields. Cereal, peas and oil seed grain in kg ha⁻¹ with 15% moisture, herbage of ley and redclover in kg ha⁻¹ DM. Sugar beet roots and potato tubers in fresh weight, tonnes ha⁻¹

År	I	Avk.	II	Avk.	III	Avk.	IV	Avk.	V	Avk.	VI	Avk.
Year	Gröda	Yield	Gröda	Yield	Gröda	Yield	Gröda	Yield	Gröda	Yield	Gröda	Yield
	Crop		Crop		Crop		Crop		Crop		Crop	
1986	Ärter ^a	1270	Ärter	3160	Sockerbetor	42,2	Sockerbetor	48,0	Vårkorn	3240	Havre	4560
1987	Vårkorn ^b	2790	Vårkorn	2800	Vårkorn	3550	Vårkorn	4080	Vårkorn	3710	Vårkorn	4650
1988	Vall I ^c	5870	Vall I	7090	Vall I	7870	Vall I	6710	Vårkorn	3630	Vårkorn ^k	2350
1989	Höstvete ^d	5580	Höstvete	4130	Vall II	8280	Höststraps ⁱ	4560	Vårkorn	3450	Höstvete	7600
1990	Åkerböna ^e	1360	Åkerböna	2500	Vall III	9110	Höstvete	8310	Vårkorn	3880	Vårkorn	5580
1991	Potatis ^f	12,8	Sockerbetor ^h	32,1	Höstvete	7100	Havre	6010	Vårkorn	5430	Sockerbetor	44,4
1992	Ärter	1360	Ärter	910	Sockerbetor	55,0	Sockerbetor	54,0	Vårkorn	1970	Havre	2400
1993	Vårkorn	2560	Vårkorn	2040	Vårkorn	3630	Vårkorn	3270	Vårkorn	3090	Vårkorn	4340
1994	Rödklöver ^g	6370	Rödklöver	6920	Vall I	9770	Vall I	8120	Vårkorn	6430	Höststraps	3890
1995	Höstvete	4300	Höstvete	4230	Vall II	7230	Höststraps	3130	Vårkorn	4280	Höstvete	7840
1996	Åkerböna	2640	Åkerböna	3250	Vall III	6330	Höstvete	6210	Vårkorn	5930	Vårkorn	5700
1997	Potatis	28,5	Sockerbetor	18,5	Höstvete	7310	Havre ^j	6400	Vårkorn	5600	Sockerbetor	49,1
1998	Ärter	2330	Ärter	2750	Sockerbetor	55,7	Sockerbetor	54,9	Vårkorn	4390	Havre	7150

^aPeas, ^bBarley, ^cLey (year I, II etc), ^dWinter wheat, ^eHorse bean, ^fPotatoe, ^gRed clover, ^hSugar beet, ⁱRape seed, ^jOats, ^kSpring turnip rape

Avkastning kan bara delvis jämföras mellan systemen eftersom olika grödor odlas (tabell 5). Generellt gäller dock att ju mer växtnäring som cirkulerar desto större skördar erhålles. System baserade på tillförsel av enbart organisk gödsel, på luftkvävefixering eller en kombination avkastade betydligt mindre i jämförbara grödor än system med god växtnäringstillgång. För sockerbetor låg avkastningen i system II på 33-58% av den största uppmätta skörden i system III.

Korn i monokultur gav tämligen svaga skördar den första delen av perioden men betydligt bättre under den senare delen. Då låg kornskördarna i nivå med dem som erhöles i de blandade växtföljderna III, IV och VI. Någon växtodlingsteknisk eller näringsmässig orsak till detta finns inte. Det kan vara en tillfällighet.

Sockerbetsskördarna var störst i system III och IV. I båda systemen ingår stallgödsel och det kan tänkas att sockerbetor utnyttjar mer N i stallgödseln än vad som antagits i doseringarna. Här spelar den långa vegetationsperioden roll. Troligen och kanske viktigare är vallens postiva inflytande på skördarna genom sin struktureffekt. Det har också visats i andra försök (Carlgren & Mattsson, 2001).

Skördarna i system VI med blandad växtföljd och riklig växtnäringstillgång men utan stallgödseltillförsel ligger i nivå med system där vall och stallgödsel ingår. Som regel och ofta observerat ger odlingssystem med med både organisk gödsel och mineralgödsel de största skördarna (Körshens, 1994, 1997; Carlgren & Mattsson, 2001; Kubát et al., 2001).

R3-0059. Bjärröd

Skördarnas storlek och variation med tiden

I försöket R3-0059 som också placerades på Bjärröd var avsikten att närmare studera och fastställa effekten av kalkning, PK-gödsling och N-gödsling på en näringsfattig jord. Skördarnas storlek påverkas som alltid mycket av årsmånen, vilket gör årsjämförelser vanskliga. En översikt ges i tabell 5 för sju av behandlingarna. A är kontroll utan gödsling eller kalkning, B och C har gödslats med N respektive NPK men ej kalkats. Leden E-H kalkades till 90% Ca-mättnad och gödslades med stigande mängder N från 0 i E till 150% av normalgiva i H, PK-gödslingen var lika i alla.

Skördarna i det ogödslade kontrolledet var av naturliga skäl små. Kornskördarna låg på 2000 kg ha⁻¹ eller mindre, sockerbetsskördarna på 5-18 ton och vårrapsskördarna under 500 kg ha⁻¹ (tabell 6).

En jämförelse mellan G och C visar att kalkningseffekten var blygsam och oregelbunden i spannmål och oljeväxterna. Enstaka år erhöles betydande merskördar som t.ex. 1000 kg ha⁻¹ i havre 1986 eller 400 kg korn 1984, men negativa kalkeffekter erhöles också.

Effekten av en PK-gödsling på den okalkade jorden var mycket stor (jämför B och C). Merskördar på närmare 3000 kg i korn erhöles och 20 ton betor kan nämnas som exempel. I leden E-H som visar effekt av stigande N-nivå erhöles acceptabla skördar i synnerhet i led G som motsvarar en rekommenderad N-nivå. Vissa år erhöles även merskördar för N-nivån 150 % av rekommenderad dos.

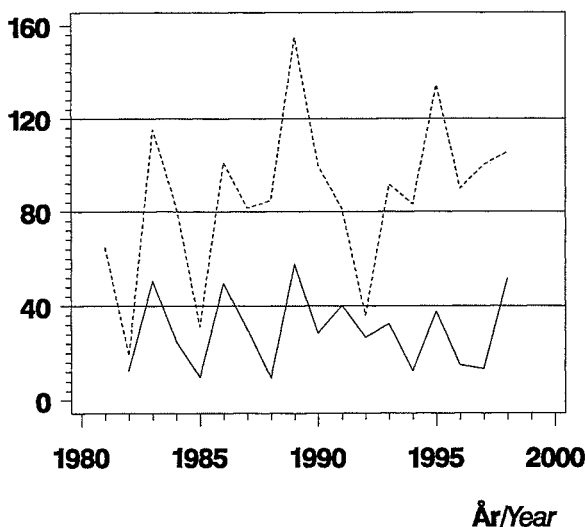
Tabell 6. R3-0059. Avkastning årsvis i valda behandlingar. Kärna/frö i kg/ha med 15 % vattenhalt för stråsäd och oljeväxter. Betor, friskvikt t/ha. Se sidan 8 för beskrivning av behandlingar

Table 6. Series R3-0059. Yields in selected treatments. Cereal and oil seed grain in kg ha⁻¹ with 15% moisture. Roots from sugar beets in fresh weight, t ha⁻¹

År Year	Gröda Crop	Led Treatment							
		A	B	C	E	F	G	H	LSD
1981	Vårkorn ^a	-	1960	4850	2890	3870	3750	3200	ns
1982	Vårraps ^b	460	510	760	600	730	660	670	ns
1983	Höstvete ^c	4880	7070	7880	4960	7000	7880	7340	980
1984	Vårkorn	1990	3730	5260	2470	4120	5660	5470	830
1985	Sockerbetor ^d	4,6	6,5	16,0	15,1	16,3	16,2	16,3	6,8
1986	Havre ^e	3610	4180	5850	4570	6400	6830	6340	1370
1987	Vårkorn	1830	2930	4610	1930	3710	4460	4810	660
1988	Vårraps	270	620	2510	1350	2100	2670	3050	810
1989	Höstvete	4160	6100	7660	4280	6210	7690	8190	1660
1990	Vårkorn	1460	2590	4760	2200	3700	4600	5220	1220
1991	Sockerbetor	18,1	21,8	44,5	42,2	46,0	45,2	46,8	60
1992	Havre	1420	2020	2340	1800	2000	2090	2060	ns
1993	Vårkorn	2020	3720	4920	2660	4440	4830	4960	2060
1994	Vårraps	380	670	1990	960	2150	2520	2700	600
1995	Höstvete	3110	5930	7580	2820	6340	7740	7650	1600
1996	Vårkorn	1140	4330	5830	1900	4340	6330	7390	1240
1997	Sockerbetor	6,4	18,1	47,8	44,4	55,1	57,9	55,0	14,9
1998	Havre	3180	4870	6250	3930	6210	6110	6600	1590

^aBarley, ^bSpring turnip rape, ^cWinter wheat, ^dSugar beet

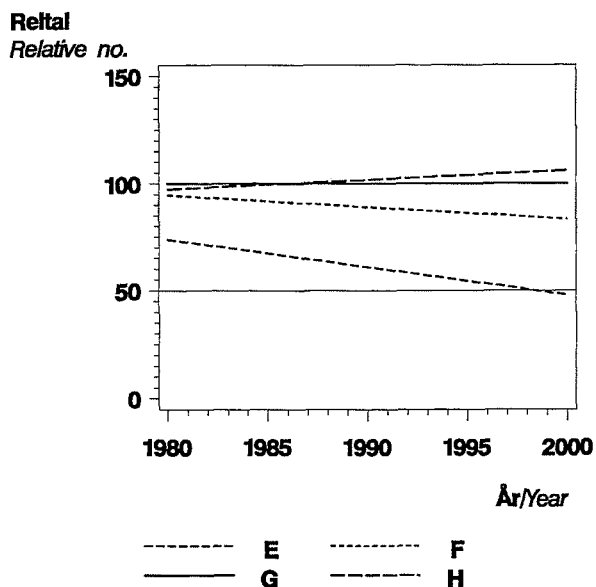
N – upptag
N – uptake
kg/ha



Figur 1. Kvävebortförsel med skördeprodukter. A=kontroll utan kalk och växnär-
 ing, G=Kalkning+optimal NPK-insats.
 Figure 1. N removed with harvested products. A=control without lime and nutrient
 application, G=Lime+NPK at optimum level.

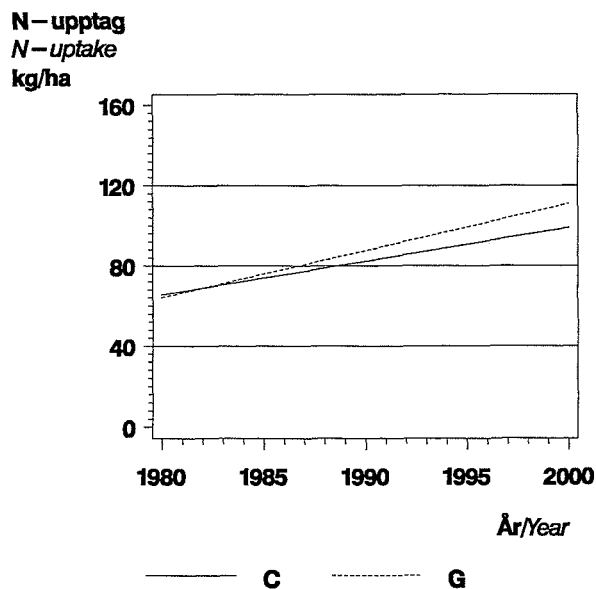
Skillnaden mellan kvävebortförseln i kärna, frö eller betor i kontrollbe-
 handlingen utan gödslings- och kalkningsåtgärder och behandling i optimal
 mängd av N, P och K, samt kalkning ökade med åren (figur 1). Bortförseln
 i kontrollen är relativt konstant och ligger på $35 \text{ kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$. Vilken bety-
 delse odlingsteknik och sorter har haft under perioden kan inte avgöras.
 Om de har haft effekt har välgödslade behandlingar gynnats mera än be-
 handlingar utan gödsel och kalk.

Den relativa skördeutvecklingen över år visade tydliga trender (figur 2).
 Led G med normal NPK-gödsling har satts till relativt 100. Skörden i be-
 handling utan N-gödsling och i 50% av normal giva avtog. I behandling
 med 150% av normal N-giva steg den relativa skörden obetydligt. I absolu-
 ta tal steg skörden i led G vilket till viss del framgår av figur 1.



Figur 2. Relativ skördeutveckling i förhållande till led G vid varierad N-insats i PK-gödslade och kalkade led. E=utan N, F=50% av optimal N-giva., G=100% och H=150% av optimal giva.

Figure 2. Relative yield development with time in relation to treatment G for varied N in limed and PK-fertilized plots. E=without N fertilizer, G=50% of optimum N-rate, G=100% and H=150% of optimum.

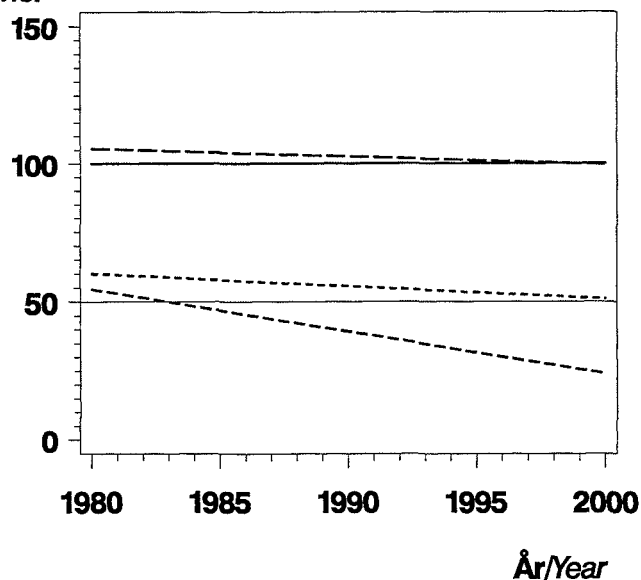


Figur 3. Kvävebortförsel i NPK-gödslade led. C=utan kalk, G=kalkning till 90% Ca-mättnad.

Figure 3. Nitrogen removal with time in NPK fertilized plots. C=without lime, G=limed to 90% base saturation.

Reltal

Relative no.



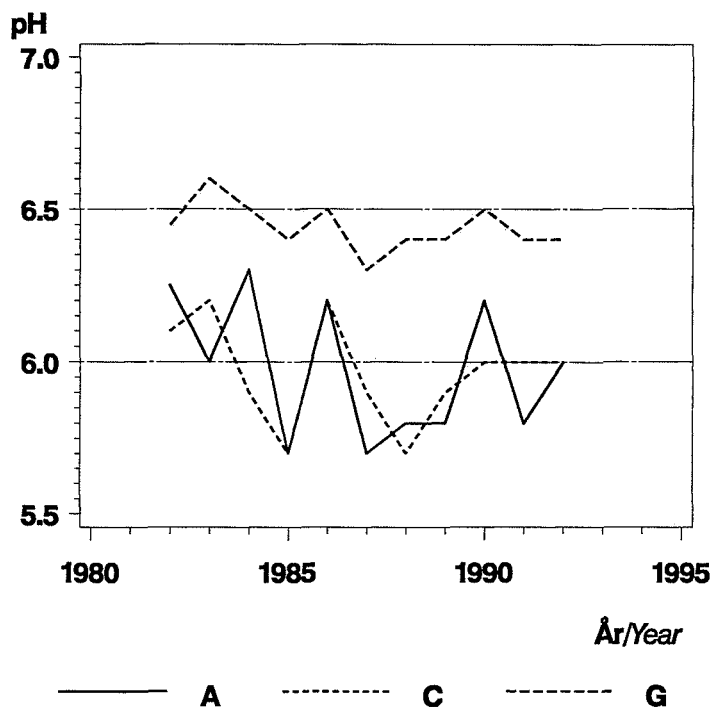
----- **A** ----- **D**
----- **G** ----- **K**

Figur 4. Relativ skördeutveckling i förhållande till led G vid stigande PK-gödsling i N-gödslade och kalkade led. A=kontroll, D=ej PK, G=låg PK, K=hög PK.

Figure 4. Relative yield development with time in relation to treatment G in limed and N-fertilized plots. A=control without lime and nutrient application, relative=100, D=without PK, G=low PK and K=high PK application

Effekten av kalkning samvarierade med effekten av gödsling så att större och större utslag av kalkning och gödsling erhöles med tiden (figur 3). De gynnsammare biologiska och markkemiska förhållanden som en kalkning medför visade sig i ökad N-bortförsel.

Fosfor- och kaliumgödsling innebar relativt sett större och större skördar med tiden (figur 4). PK-jämförelserna är gjorda vid optimal N-gödslingsnivå.

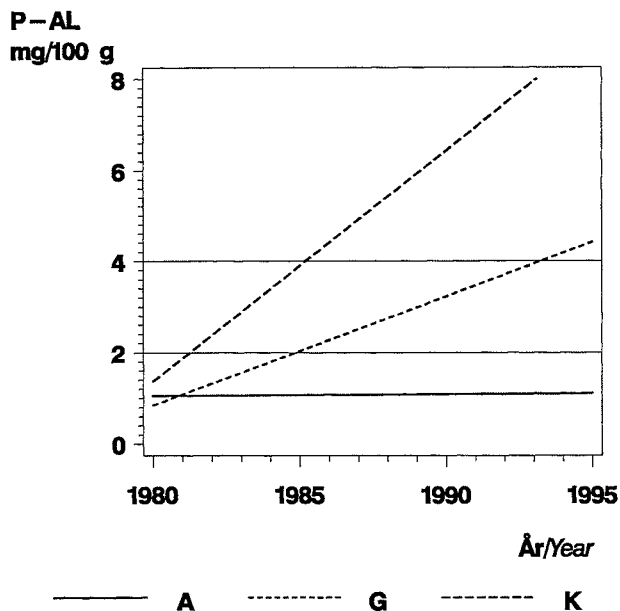


Figur 5. pH-utvecklingen i matjorden i led med och utan kalkning. A=kontroll, C=ej kalk, NPK, G=kalk, NPK

Figure 5. pH development in the top soil with time. A=control without lime and nutrient application, C=without lime, optimum NPK, G=lime and optimum NPK.

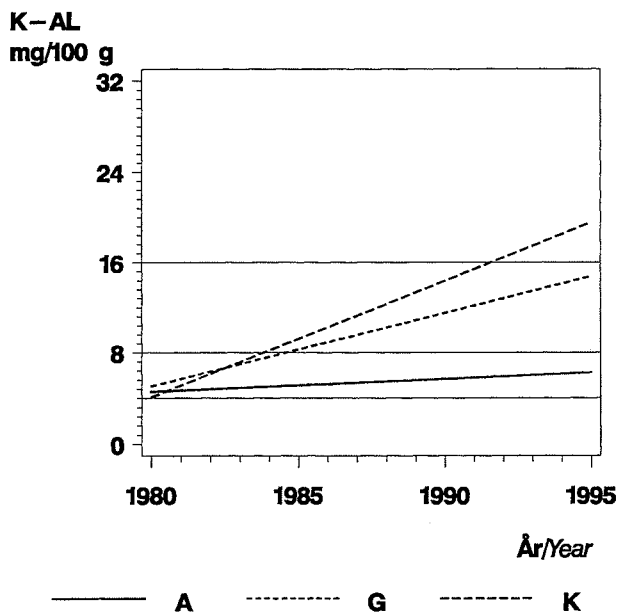
pH-, P- och K-förändringar i marken

pH-värdet var lågt i kontrolledet som varken gödslats eller kalkats (figur 5). Effekten av kalkning, som gjordes 1980, var god och höjde pH-värdet med ca 0,5 enheter. De stora ojämnhetera i de okalkade leden kan hänga samman med den svaga tillväxten som ger ojämna markförhållanden i dessa led.



Figur 6. Utvecklingen av P-AL i led med stigande insats av P. A=kontroll utan P, G=låg P-giva, K=hög P-giva.

Figure 6. P-AL development with time. A=control without lime and nutrient application, G=low P rate, K=high P rate.



Figur 7. Utvecklingen av K-AL i led med stigande insats av K. A=kontroll utan K, G=låg K-giva, K=hög K-giva.

Figure 7. K-AL development with time. A=control without lime and nutrient application, G=low K rate, K=high K rate.

Tabell 7. R3-0059. pH-värde, P-AL och K-AL vid start och vid två senare tidpunkter

Table 7. Series R3-0059. pH, P-AL and K-AL at the beginning and at two consecutive times

År Year	Led Treatment	pH	P-AL	K-AL
1980	Generalprov Bulk sample	5,5	0,9	6,4
1986	Kontroll ^a	6,2	0,9	5,2
	2N, kalk ^b	6,5	0,5	5,5
	2N, 1PK, kalk	6,5	1,9	8,1
	2N, 2PK, kalk	6,6	4,2	9,0
1992	Kontroll	6,0	1,2	5,0
	2N, kalk	6,1	1,0	6,0
	2N, 1PK, kalk	6,4	3,8	16,5
	2N, 2PK, kalk	6,3	7,5	16,5

^aControl, ^bLime

Det låga pH-värdet vid starten bekräftades inte i senare provtagningar (tabell 7). Anledningen till detta är okänd. Kalkningen hade påtaglig effekt. Effekten klingade av något fram till den andra provtagningen. Fosfor och kalium är lättpåverkade av PK-gödsling. Med dubbelt underhåll höjdes P-AL från det mycket låga utgångsvärdet för fosfor på mindre än 1 mg 100⁻¹ g jord till 7,5 mg 100⁻¹ g jord under en tolvårsperiod. Kalium ökade från 6,4 till 16,5 mg 100⁻¹ g jord under samma tid (figur 6-7).

R3-0056. Lanna

System I med intensiv gräsvallsproduktion tillfördes nästan 170 kg N ha⁻¹ år⁻¹, inklusive ammonium-N i stallgödseln (tabell 8). Motsvarande i system II där delar av N-tillförseln bygger på luftkvävefixering var 25 kg N per ha och år. I system III var N-tillförseln dubbelt så stor som i IV vilket var givet av försöksplanen. System V och VI avslutades 1996. Tillförseln av externt N var låg i system V eftersom det till stor del baseras på luftkvävefixering. I monokulturena VI och VII låg N-tillförseln på 100 respektive 121 kg N ha⁻¹ år⁻¹.

Tabell 8. R3-0056. Tillförsel av kväve, kg ha⁻¹, i stallgödsel och mineralgödsel. Stallgödselkvävet räknat som ammoniumkväve. Stg=fastgödsel, Flg=flytgödsel, Min=mineralgödsel

Table 8. Series R3-0056. Application of N, kg ha⁻¹, in manure and in fertilizer. N in manure calculated as NH₄-N. Stg=solid manure, Flg=slurry, Min=fertilizer

	I		II		III	IV	V	VI		VII
År	Flg	Min	Stg	Min	Min	Min	Stg	Flg	Min	Min
1984	50	54		54	105	54		50	54	127
1985		200	30		150	75	20		100	120
1986		200			150	75	20	50	50	120
1987	60	150			100	50			99	120
1988		200			150	75		50	50	120
1989	45	75	22	50	150	75			100	120
1990	50	50	30	50	100	50	20	50	50	120
1991		200			100	50			100	120
1992		120			150	75	19	50	50	120
1993	42	80			100	50			100	120
1994		200			150	75		50	50	120
1995	88	60	20	50	150	75			100	120
1996	45	50	28	50	100	50		45	50	120
1997		180			100	50	-	-	-	120
1998		200			150	75	-	-	-	120
1999	124	105			102	51	-	-	-	122
2000		200	34		150	75	-	-	-	120
Summa	504	2324	164	254	2157	1080	79	345	953	2049
Totalt		2828		418	2157	1080	79		1298	2049
Medel år ⁻¹		166		25	127	64	6		100	121

Uptagna och bortförda kvävemängder varierar kraftigt mellan både år och mellan system (tabell 9). Den aktuella grödan spelar stor roll. Med en baljväxtvall förs stora mängder kväve bort. Den extensiva näringstillförseln i system IV medförde mindre bortförsel än i det i övrigt identiskt lika system III.

Kväveeffektiviteten uttryckt som tillfört kväve i procent av bortfört blev 86%, 66, 80, 70 och 64% i system I, III, IV, VI och VII. I system II och V, som är anpassade för biologisk N-fixering kan en tillfredsställande beräkning inte göras eftersom en stor del av N-tillförseln är okänd. Monokulturer och den intensiva växtföljden, system III visade lägst N-effektivitet.

Tabell 9. R3-0056. Kväveupptag och bortförsel med skördeprodukter, kg ha⁻¹.
CV% anger variationen efter att inflytande av årsmån och rutor har rensats bort.
Antal observationer efter varje medeltal
*Table 9. Series R3-0056. N-uptake and removal, kg ha⁻¹. CV% denotes variation
cleared from influence of year and plot. Number of observations after each mean*

År	System													
Year	I		II		III		IV		V		VI		VII	
1984	109,4	10	105,6	10	90,7	10	50,8	10	43,4	10	78,9	10	95,0	10
1985	100,4	1	98,7	1	52,6	10	27,0	10	131,2	10	64,7	10	80,4	10
1986	132,8	10	234,2	10	102,1	10	56,5	10	69,3	10	73,3	10	82,2	10
1987	202,8	10	256,8	10	86,7	10	58,9	10	45,5	10	33,7	10	50,9	10
1988	193,7	10	171,3	10	19,5	10	19,3	10	72,8	10	62,8	10	38,4	10
1989	47,6	10	41,0	10	162,3	10	85,1	10	62,7	10	97,6	10	115,0	10
1990	100,4	10	131,0	10	120,9	10	77,4	10	51,2	10	94,3	10	121,2	10
1991	209,5	10	165,3	10	68,3	10	50,8	10	129,5	10	75,2	10	79,5	10
1992	150,6	10	227,1	10	98,3	10	56,4	10	69,2	10	35,9	10	60,8	10
1993	234,0	10	208,7	10	79,3	10	55,3	10	173,9	10	88,0	10	73,4	10
1994	140,8	10	22,1	1	38,5	10	26,1	10	60,7	10	80,8	10	69,5	10
1995	33,6	6	12,6	6	96,8	6	73,3	6	-		42,8	6	57,1	6
1996	79,7	3	70,5	3	74,4	3	45,0	3	26,2	3	60,9	3	80,1	3
1997	146,3	3	99,5	3	67,7	3	37,1	3	-		-		69,0	3
1998	187,1	3	204,8	3	102,0	3	60,5	3	-		-		98,2	3
1999	110,1	3	218,4	3	74,9	3	34,2	3	-		-		54,5	3
2000	126,8	3	145,6	3	60,8	3	19,9	3	-		-		53,5	3
Medel	143,2		157,7		83,3		50,9		81,2		69,7		76,9	
Mean														
CV %	6,6		13,2		7,6		8,1		12,5		8,4		6,5	

Vallarna har gett god avkastning i system I och II (tabell 10). Detta gäller särskilt vall II och vall III som ofta avkastade 10 ton ts eller mera. Avgörande avkastningsskillnader mellan system med tonvikt på gräsvall respektive på luzern kunde inte observeras. Skördevariationen är stor i alla grödor. Enstaka år har höstveteskörden nått över 8000 kg, korn och havre omkring 6000 kg och vårraps mer än 2000 kg ha⁻¹. Men höstveteskördar på knappt 4500 kg och vårraps på 500-600 kg har också erhållits.

Tabell 10. R3-0056. Grödor och avkastning i respektive odlingssystem. Kärna/frö i kg ha⁻¹ med 15% vattenhalt. Vall (summa 1-3 delskördar) ts kg ha⁻¹

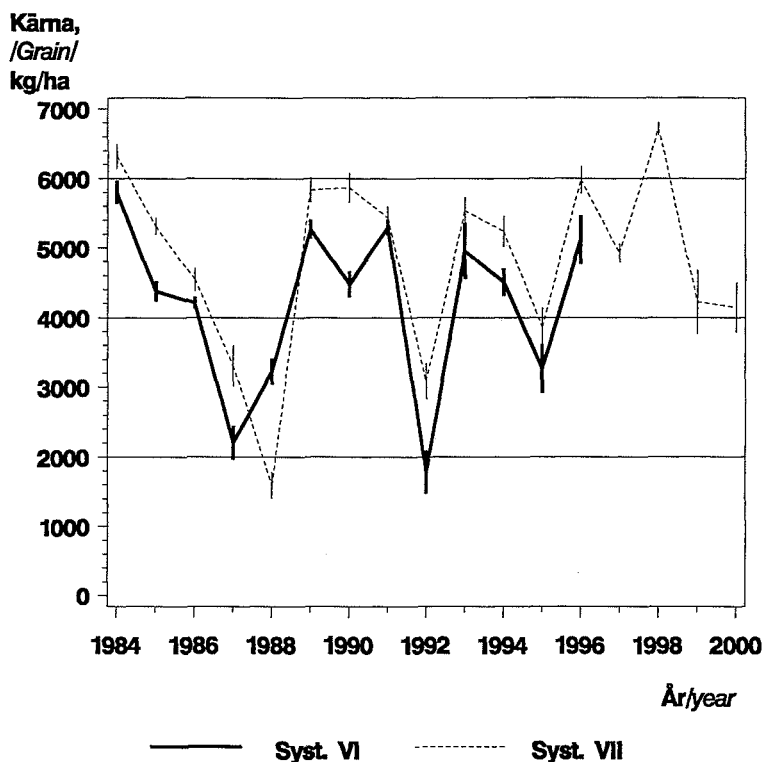
Table 10. Series R3-0056. Crops and yields in the cropping systems. Cereal, peas and oil seed grain in kg ha⁻¹ with 15% moisture, herbage of ley in kg ha⁻¹ DM

År Year	I Gröda Crop	Avk. Yield	II Gröda Crop	Avk. Yield	III Gröda Crop	Avk. Yield	IV Gröda Crop	Avk. Yield	V Gröda Crop	Avk. Yield	VI Gröda Crop	Avk. Yield	VII Gröda Crop	Avk. Yield
1984	Vårkorn ^a	6880	Vårkorn	6900	Vårkorn	6470	Vårkorn	4370	Vårkorn	3700	Vårkorn	5800	Vårkorn	6320
1985	Vall I ^b	5960	Vall I	5830	Våraps	1830	Våraps	1170	Vall I	3990	Vårkorn	4370	Vårkorn	5310
1986	Vall II	6500	Vall II	7820	Höstvete ^d	6290	Höstvete	4490	Höstvete	5580	Vårkorn	4210	Vårkorn	4540
1987	Vall III	11070	Vall III	9680	Havre ^e	5970	Havre	4560	Åkerböna ^f	1060	Vårkorn	2200	Vårkorn	3310
1988	Vall IV	8730	Vall IV	6520	Våraps	530	Våraps	630	Havre	4020	Vårkorn	3220	Vårkorn	1600
1989	Våraps ^c	1860	Våraps	1430	Höstvete	8450	Höstvete	6070	Foderärter ^g	1970	Vårkorn	5270	Vårkorn	5830
1990	Vårkorn	4470	Vårkorn	6210	Vårkorn	6210	Vårkorn	4260	Vårkorn	3010	Vårkorn	4470	Vårkorn	5870
1991	Vall I	10920	Vall I	7580	Havre	5390	Havre	4010	Vall I	5650	Vårkorn	5300	Vårkorn	5440
1992	Vall II	7410	Vall II	7920	Höstvete	6390	Höstvete	4390	Höstvete	5390	Vårkorn	1780	Vårkorn	3080
1993	Vall III	11410	Vall III	11720	Havre	5620	Havre	4400	Åkerböna	4050	Vårkorn	4950	Vårkorn	5530
1994	Vall IV	8330	Vall IV	1280	Våraps	1230	Våraps	1020	Havre	4250	Vårkorn	4500	Vårkorn	5240
1995	Våraps	1200	Våraps	460	Höstvete	7400	Höstvete	5750	.	.	Vårkorn	3260	Vårkorn	3860
1996	Vårkorn	6780	Vårkorn	6430	Vårkorn	6350	Vårkorn	4580	Vårkorn	2530	Vårkorn	5110	Vårkorn	5980
1997	Vall I	9480	Vall I	7010	Havre	4860	Havre	3030	.	.	.	.	Vårkorn	4920
1998	Vall II	12190	Vall II	9990	Höstvete	7360	Höstvete	5160	.	.	.	.	Vårkorn	6720
1999	Vall III	8700	Vall III	12370	Havre	4870	Havre	3330	.	.	.	.	Vårkorn	4220
2000	Vall IV	10460	Vall IV	12440	Våraps	2310	Våraps	860	.	.	.	.	Vårkorn	4140

^aBarley, ^bLey (1st, 2nd year etc), ^cSpring turnip rape, ^dWinter wheat, ^eOats, ^fHorse bean, ^gPeas

Växtnäringsnivåns betydelse för avkastningen är tydlig. System III och IV skiljer sig åt endast beträffande kvävegivan med halv dos i system IV jämfört med III. Det handlar om skillnader på 1500 till 2000 kg kärna per ha i spannmål och 200 till drygt 1000 kg oljeväxtfrö till system III:s fördel. System V baseras till stor del på kvävefixering med baljväxter samt mindre mängder stallgödsel. Skördarna är måttliga, ungefär i nivå med system IV (halv optimal N-giva). Höstveteskördarna är emellertid större än i system IV. Dels sprids stallgödsel före sådd av höstvete i system V, dels sås höstvete efter vall jämfört med havre som förfrukt i system IV.

Monokultursystemen VI och VII, det ena med kombination av stallgödsel och mineralgödsel, det andra (VII) baserat på enbart mineralgödsel, visar viss överlägsenhet för det senare. Detta framgår tydligt i figur 8 som också ger en uppfattning om variationen i skördebestämningarna och variationen mellan år. Den senare är mångdubbelt större.



Figur 8. Årsvisa skördar i kornmonokulturer. I system VI baseras näringstillförseln på kombination av stallgödsel och mineraliskt kväve, i system VII enbart på mineraliskt kväve. Staplar anger medelfel
Figure 8. Annual barley grain yields. In system VI nutrient application is based on combination of manure and fertilizer N, in system VII there is solely fertilizer N. Bars represent S.E.

Mineraliskt kväve i marken efter skörd

Under en del av försöksperioden har bestämning av mineraliskt N i marken på hösten efter skörd bestämts (tabell 11). Bestämningen är gjord på jordprover från skikten 0-30 och 30-60 cm. Avsikten är att spegla markens kvävesituation och värdena kan ge viss upplysning om läckageriskerna.

I system I tillfördes stallgödsel 1999 och i system II år 2000. Det gav en viss förhöjning av värdena i jämförelse med tidigare år. I vallodlingssystemen I och II var värdena tydligt lägre än i de med öppen odling 1997 och 1998. I synnerhet var nitratvärdena låga, endast ett å två kg per ha. Det finns inget klart samband mellan mineralkvävevärdena i tabell 11 och N-upptagningen i tabell 9 för åren 1997-2000.

Läckage av nitratkväve

Odlingssystemen är separat dränerade. Flödesmätning och koncentrationsbestämning av näringsämnen i dräneringsvatten har företagits (Gunnar Torstensson, pers. medd). Från 1997 infördes flödesproportionell provtagning och i tabell 12 redovisas årstransporten av nitratkväve. Under den aktuella mätperioden odlades vall i system I och II, havre, höstvete, havre, vårraps i system III och IV och vårkorn i system VII. Årsmånen spelar in genom variation i avrinningens storlek. För de tre första åren var avrinningen ca 250 mm medan den för 2000/01 låg omkring 500 mm. Med andra ord dubbla mängden. Det gör transportvärdena något svårtolkade men ett visst mönster kan skönjas. Läckaget i system II med luzernvall är lågt. Läckaget i det extensiva systemet IV är lägre än i det intensiva system III. Systemen skiljer sig från varandra endast ifråga om växtnäringsinsats.

Tabell 11. Mineraliskt kväve efter skörd, kg ha^{-1} , som NO_3^- och $\text{NH}_4\text{-N}$ i skiktet 0-60 cm

Tabel 11. Soil mineral N after harvest, kg ha^{-1} , as NO_3^- and $\text{NH}_4\text{-N}$ in the 0-60 cm layer

System	1997		1998		1999		2000	
	Gröda Crop	Min N	Gröda Crop	Min N	Gröda Crop	Min N	Gröda Crop	Min N
I	Vall I ^a	10	Vall II	8	Vall III	12	Vall IV	11
II	Vall I	10	Vall II	11	Vall III	11	Vall IV	22
III	Havre ^b	16	Höstvete ^d	18	Havre	11	Vårraps ^e	15
IV	Havre	14	Höstvete	15	Havre	9	Vårraps	12
VII	Korn ^c	15	Korn	14	Korn	17	Korn	9

^aLey, ^bOats, ^cBarley, ^dWinter wheat, ^eSpring turnip rape

Tabell 12. Årstransport (juli-juni) av $\text{NO}_3\text{-N}$, kg ha^{-1} med dräneringsvattnet.

Grödan avser första halvåret

Table 12. Annual transport (Jun-Jul) of $\text{NO}_3\text{-N}$, kg ha^{-1} with drainage water. The crop refers the 1st. half year. See table 11 for English translation

System	1997/98		1998/99		1999/00		2000/01	
	Gröda	$\text{NO}_3\text{-N}$	Gröda	$\text{NO}_3\text{-N}$	Gröda	$\text{NO}_3\text{-N}$	Gröda	$\text{NO}_3\text{-N}$
I	Vall I	9	Vall II	6	Vall III	5	Vall IV	11
II	Vall I	1	Vall II	1	Vall III	2	Vall IV	25
III	Havre	4	Höstvete	7	Havre	7	Vårrops	10
IV	Havre	2	Höstvete	3	Havre	5	Vårrops	5
VII	Korn	9	Korn	9	Korn	15	Korn	22

Vallbrottet i system I och II på hösten 2000 visar sig i ökat läckage för 2000/01 (tabell 12).

Diskussion

Ett odlingsystem är en integration av metoder som skall leda till mer eller mindre tydliga mål. Avkastning är ett sådant mål, kvalitet i produkter är ett annat. Det ekonomiska resultatet är viktigt och uthållighet både i ekonomin och biologin är eftersträfvade mål men inte alltid tydligt formulerade.

Ljus, vatten och näring är tre grundläggande faktorer för primärproduktionen. Näringstillgången är den faktor som lättast kan påverkas. Avkastningens storlek är starkt beroende av näringstillgången. Odlings-system kan skapas som innebär tillförsel av växtnäring så att avkastningen blir så stor som möjligt. Men detta optimerar inte nödvändigtvis ekonomin och inte heller miljöhänsynen.

Här har flera odlingsystem redovisats. Jämförelserna är gjorda vid givna växtnäringssnivåer, olika för varje system. Det kan inte avgöras om valda växtnäringssnivåer är optimala för sina system. Systemen kan och skall jämföras med avseende på avkastning i förhållande till insatt mängd växt-näring och som i detta fall med avseende på kväveeffektivitet. Mätningar av läckaget i olika system medger jämförelser också i detta avseende.

Tabell 13. Kvävekällor och kväveeffektivitet. Effektiviteten mätt som upptaget och bortfört N i procent av summa tillfört i oorganisk och organisk form och som luftkväve-fixerat N. Medeltal, kg ha⁻¹ år⁻¹

Table 13. Nitrogen sources and N efficiency. The efficiency measured as removed N in harvest products in per cent of applied inorganic, organic N and biological fixed N, kg ha⁻¹ yr⁻¹

System	Oorg-N N-eff Inorg N	Org-N Org. N	Luft-N Air N	In In	Ut Out	%
<i>R3-0056</i>						
I	137	30	-	167	143	86
II	15	10	60	85	158	185
III	127	-	-	127	83	65
IV	64	-	-	64	51	80
V	-	6	11	17	81	506
VI	73	26	-	100	70	70
VII	121	-	-	121	77	64
<i>R3-0058</i>						
I	-	8	30	38	82	215
II	-	-	37	37	94	254
III	95	14	40	149	133	89
IV	113	19	11	143	109	76
V	120	-	-	120	75	63
VI	127	-	-	127	95	75

Systemen tillförs kväve i oorganisk form, i organisk form och via baljväxternas luftkvävefixering. Kväve bortförs i skördeprodukter och i förluster till vattensystem och till luft. Mängden ut med skördeprodukter i procent av mängden in är ett mått på effektiviteten. Antag att 50% av baljväxtvallarnas N-upptag är luftkväve, som kan räknas på tillförselsidan. Resterande 50% är markens egen N-mineralisering. Det ger resultat enligt tabell 13.

I system med baljväxter blir effektiviteten större än 100% (tabell 13). En orsak kan vara att antagandet att 50% av N-upptaget i baljväxterna kommer från fixering av luftkväve är för lågt. Om antagandet ökas till 100% skulle ändå bortförseln överstiga tillförseln. Detta är inte orimligt, möjligen anmärkningsvärt. Det är fullt möjligt att kvävemineraliseringen är stor nog för att medge en bortförsel som är större än tillförseln på kort sikt. Långsiktigt skulle det inte vara hållbart.

Endast NH₄-N har beaktats vid beräkning av kvävetillförseln med stallgödseln. Det ger en underskattning av tillförseln eftersom mineralisering

av det organiska kvävet inte beaktas. Räknas total-N i stallgödseln blir bilden annorlunda. Total-N-innehållet är 2 till 10 gånger $\text{NH}_4\text{-N}$ beroende på fast- eller flytgödsel. Med 5 kg tot-N per ton och 60 ton ha^{-1} allt som allt i en 6-årig växtföljd tillförs 300 kg N, vilket motsvarar 50 kg ha^{-1} år^{-1} . Om 70% mineraliseras erhålles 35 kg år^{-1} .

Lagen om det avtagande merutbytet medför att N-effektiviteten avtar med stigande N-nivå. Det blir tydligt vid jämförelse mellan system III och IV i R3-0056. Effektiviteten minskade från 80 till 65% när N-nivån fördubblades. Å andra sidan ökade avkastningen med ca 43%. Höstveteskoroden i system III var 7300 kg 1998 mot 5100 kg i system IV. Läckaget nästan fördubblades från 4 till 7 kg $\text{NO}_3\text{-N}$. Generellt handlar det om låga värden i båda fallen.

Det är oundvikligt att växtproduktion medför näringsläckage. En beräkning av kg avkastning per kg utlakat kväve visar att i system III med den högre intensiteten erhöles 1040 kg kärna per kg utlakat nitrat-N mot 1300 kg i system IV vid den lägre intensiteten.

Det sammantagna intrycket blir att i odlingssystem baserade på enbart oorganiskt kväve ligger N-utnyttjandet på 60-80% medan system med kombination av oorganisk och organisk gödsel skenbart ligger högre. Det stämmer inte med erfarenheter som säger att N-utnyttjandet på djurgårdar generellt ligger lägre än på djurfria gårdar (Gustafsson et al., 2001; Hoffmann et al., 2001). I det fallet handlar det emellertid om gårdsbalanser där kväve förloras i hantering och lagring av stallgödsel, här är balansen bestämd på skiftesnivå och lagringsförluster i stallgödselhanteringen kommer inte med i beräkningarna.

Sett till helheten och med hänsyn tagen till produktionsmål, anpassning och precision i dosering finner man att kväveutnyttjandet i allmänhet blir högst i system baserade på oorganiskt N.

Ekonomiskt stöd

Bearbetningen av försöksdata och utarbetande av föreliggande rapport har genomförts med stöd av Stiftelsen Svensk Växtnäringsforskning.

Litteratur

- Alexandersson, H., Karlström, C. & Larsson-McCann, S. 1991.
Temperaturer och nederbörden i Sverige 1961-90.
Referensnormaler. SMHI Rapporter 81.
- Carlgren, K. & Mattsson, L. 2001. Swedish soil fertility experiments. *Acta Agricultura Scandinavica* 51, 49-78.
- Egnér, H., Riehm, H. & Domingo, W.R. 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. *Kungl. Lantbrukshögskolans annaler* 26, 199-215.
- Gesslein, S. 2001. Odlingsystem, växtnäring och markbördighet - 18 års resultat från en tidigare ej uppgödslad jord. *Kungl. Skogs- och Lantbruksakademins tidskrift* 140 nr 9.
- Gustafsson, K., Hallén, P., Lindén, B., Ivarsson, K., Mattsson, L., Rydberg, I., Ulén, B., Eksvärd, J., Linder, J., Törner, L., Börjesson, P., Stadig, M., Nordström, T., Rydberg, T. 2001. Miljönyckeltal: Kväve, fosfor, kadmium, energi och markpackning. *Fakta/jordbruk* 7
- Haak, E., Lindén, B. & Persson, P.J. 1994. Kväveflöden i olika odlings-system. Försök på Lanna, Skaraborgs län. SLU, Inst. för markvetenskap. Rapporter från avd. för växtnäringsslära 194.
- Hoffmann M., Aronsson H., Aronsson P. 1998. Växtnäring på gården - Vägar att minska förlusterna av kväve och fosfor. Faktadel. I: Resurshushållande konventionellt jordbruk. Jordbruksverket
- Kubát, J., Nováková, J., Cerhanová, D. & Miknová, O. 2001. Relationships between soil productivity and soil quality. Crop science on the verge of the 21st century - opportunities and challenges. *Proceedings of the 50th anniversary conference, Prag 11-14 September, 2001*, 154-155.
- Körschens, M. 1994. Der Statische Düngungsversuch Bad Lauchstädt nach 90 Jahren. Einfluß der Düngung auf Boden, Pflanze und Umwelt. B.G. Teuber Verlagsgesellschaft. Stuttgart, Leipzig.

Körschens, M. 1997. Die wichtigsten Dauerfeldversuche der Welt -
Übersicht, Bedeutung, Ergebnisse. Arch. Acker- Pflanzenbau
Bodenkd 42:3-4,157-168.

Förteckning över samtliga rapporter
erhålls kostnadsfritt. I mån av tillgång
kan tidigare nummer köpas från avdel-
ningen.

A list of all reports can be obtained free
of charge. If available, issues can be
bought from the division.

- | | | |
|-----|------|--|
| 181 | 1991 | Lars Gunnar Nilsson: Nitrifikationshämmare - flytgödsel.
<i>Nitrification inhibitors - slurry.</i> |
| 182 | 1991 | Lennart Mattsson: Nettomineralisering och rotproduktion vid odling av
några vanliga lantbruksgrödor.
<i>Nitrogen mineralization and root production in some common arable
crops.</i> |
| 183 | 1991 | Magnus Hahlin: Kaliumgödslingseffektens beroende av balansen mellan
kalium och magnesium. II. Fältförsök, serie R3-8024.
<i>Influence of K/Mg-ratios on the effect of potassium fertilization. Field
experiments R3-8024.</i> |
| 184 | 1991 | Käll Carlgren: Skördeeffekter och pH-inverkan av fem kvävegödselmedel
studerade i ett långliggande fältförsök.
<i>Influence on yield and soil pH-value from five nitrogen fertilizers studied
in a long-term field trial.</i> |
| 185 | 1992 | Enok Haak och Gyula Simán: Fältförsök med Øyeslagg.
<i>Field experiments with Øyeslagg.</i> |
| 186 | 1992 | Lennart Mattsson: Effekter av halm- och kvävetillförsel på mullhalt, kvä-
vebalans och skörd i ett långliggande fältförsök i Uppland.
<i>Effects on soil organic matter content, N balance and yield of straw and
N additions in a long term experiment in Central Sweden.</i> |
| 187 | 1992 | Lars Gunnar Nilsson och Magnus Hahlin: Modell för beräkning av växt-
tillgänglig fosfor-P-AL på basis av ICP-analys.
<i>A model for calculation of plant available phosphorus in soil according to
AL/standard and AL/ICP.</i> |
| 188 | 1992 | Enok Haak och Gyula Simán: Fältförsök med kalkning av fastmarksjor-
dar till olika basmättnadsgrad.
<i>Field experiments with liming of mineral soils to different base saturation.</i> |
| 189 | 1992 | Lennart Mattsson och Tomas Kjellquist: Kvävegödsling till höstvetete på
gårdar med och utan djurhållning.
<i>Nitrogen fertilization of winter wheat on farms with and without animal
husbandry.</i> |

- 190 1992 Christine Jakobsson och Börje Lindén: Kväveeffekter av stallgödsel på lerjordar.
Nitrogen effects of manure on clay soils.
- 191 1992 Magnus Hahlin och Erik Svensson: Radmyllning av NPK till fabrikspotatis. Resultat från försöksserie FK-1290. Samarbetsprojekt mellan Försöksavdelningen för växtnäringslära och Fabrikspotatis-kommittén.
Placed application of NPK fertilizer to starch potatoes. Results from field experiment project FK-1290.
- 192 1993 Enok Haak: Fältförsök med kalkning av fastmarksjordar i Norrland.
Field experiments with liming of mineral soils in North Sweden.
- 193 1994 Barbro Beck-Friis, Börje Lindén, Håkan Marstorp och Lennart Henriksson: Kväve i mark och grödor i odlingssystem med fånggrödor. Undersökningar på en sandjord i södra Halland.
Nitrogen in soil and crops in cropping systems with catch crops. Studies on a sand soil in Halland in south-west Sweden.
- 194 1994 Enok Haak, Börje Lindén & Per Johan Persson: Kväveflöden i olika odlingssystem. Försök på Lanna, Skaraborgs län.
Nitrogen flow in different cultivation systems. A field experiment at Lanna Research Station in south-west Sweden.
- 195 1995 Käll Carlgren & Jan Persson: Fält-, kärl- och laboratorie-undersökningar med Phosforkalk från Karlshamn.
Field, Pot and Laboratory Experiments with Phosforkalk from Karlshamn Ltd.
- 196 1995 Lennart Mattsson: Skördevariationer inom enskilda fält. Storlek och tänkbara orsaker.
Yield variations within individual fields. Magnitude and possible reasons.
- 197 1996 Käll Carlgren: Två fältförsök med jämförelse mellan konventionell och ekologisk fosforgödsling.
Two Field Experiments with Comparison between Conventional and Ecological Phosphorus Fertilization.
- 198 1997 Enok Haak & Gyula Simán: Effekter av kalkning och NPK-gödsling i sju långvariga försök i fält, 1962-92.
Effects of liming and NPK-fertilization in seven long term field experiments, 1962-92.

- 199 1998 Börje Lindén, Käll Carlgren & Lennart Svensson: Kväveutnyttjande på en sandjord i Halland vid olika sätt att sprida svinflytgödsel till stråsäd.
Nitrogen utilization on a sandy soil after application of pig slurry to cereal crops with different techniques.
- 200 1999 Enok Haak: Vädrets och kvävegödslingens inverkan på växtproduktion och näringsupptag i bördighetsförsöket R3-9008, 1985-1992.
Influence of weather and N-fertilization on DM-yield and nutrient uptake in the fertility experiment R3-9008, 1985-1992.
- 201 1999 Lennart Mattsson: Mullhalt och kvävemineralisering i åkermark.
Soil organic matter and N mineralization in arable land
- 202 2001 Lennart Mattsson, Thomas Börjesson, Kjell Ivarsson & Kjell Gustafsson. Utvidgad tolkning av P-AL för mark- och skördeanpassad fosforgödsling.
Extended interpretation of labile P for soil and yield related P fertilization.
- 203 2003 Käll Carlgren: Länsförsök med koppargödsling 1971-73.
Regional field experiments with copper fertilization 1971-73.
- 204 2003 Jan Persson & Käll Carlgren: Långsiktig verkan hos markens kopparförråd.
Long-term copper maintenance.
- 205 2003 Lennart Mattsson: Växtnäring, produktion och miljö
Plant nutrients, production and environment.

I denna serie publiceras forsknings- och försöksresultat från avdelningen för växtnäringslära, Sveriges lantbruksuniversitet. Serien finns tillgänglig vid avdelningen och kan beställas därifrån.

This series contains reports of research and field experiments from the Division of Soil Fertility, Swedish University of Agricultural Sciences. The series can be ordered from the Division of Soil Fertility.

DISTRIBUTION:

**Sveriges Lantbruksuniversitet
Avd. för växtnäringslära**

**750 07 UPPSALA
Tel 018-671249**
